



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 49 363 A 1**

51 Int. Cl.⁷:
C 12 Q 1/68

21 Aktenzeichen: 100 49 363.7
22 Anmeldetag: 5. 10. 2000
43 Offenlegungstag: 31. 10. 2001

DE 100 49 363 A 1

66 Innere Priorität:
100 19 553. 9 20. 04. 2000

71 Anmelder:
Adnagen GmbH, 30167 Hannover, DE

74 Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80336 München

72 Erfinder:
Wehmeier, Lutz, Dr., 30900 Wedemark, DE; Tamak, Cengiz, Dr., 31275 Lehrte, DE; Waschütza, Stefanie, Dr., 29227 Celle, DE

56 Entgegenhaltungen:
US 59 72 602 A
US 56 41 658 A
Datenbank MEDLINE bei STN, AN 93341588 zu: Pre-natal determination of fetal RhD type by DNA amplification. BENNETT, P:R: u.a., NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICINE, (1993 Aug 26) 329(9) 607-10
[rech. am 28.05.01];
Datenbank MEDLINE bei STN, AN 1999056309 zu:

Geno-
typing of RHD by multiplex polymerase chain reaction analysis of six RHD-specific exons.
MAASKANT-
VAN WIJK, P.A. u.a., TRANSFUSION (1998 Nov-Dec) 38
(11-12) 1015-21 [rech. am 28.05.01];
Internetdokument, Adresse www.bloodjournal.org/cgi/content/abstract/85/10/2975, der Zusammenfassung der Veröffentlichung "Rapid Rh D genotyping by polymerase chain reaction-based amplification of DNA". SIMSEK, S. u.a., Blood (1995) 85(10) 2975-2980 [rech. am 28.05.01];
Internetdokument, Adresse www.bloodjournal.org/cgi/content/full/89/7/2568, der Veröffentlichung "Evidence of genetic diversity underlying Rh D, weak D (D^w), and partial D phenotypes as determined by multiplex polymerase chain reaction analysis of the RHD gene". AVENT, N.D. u.a., Blood (1997) 89(7) 2568-2577 [rech. am 28.05.01];
Internet dokument zu Fig. 1 von (4), Adresse www.bloodjournal.org/cgi/content/full/89/7/2568/F1 [rech. am 28.05.01];

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren, Diagnose-Kit und Mikroarray zur Bestimmung des Rhesusfaktors

57 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren, ein Diagnose-Kit, ein Mikroarray (z. B. DNS-Chip) sowie deren Verwendung zur Bestimmung des Rhesus-Faktors eines Menschen, insbesondere eines menschlichen Fötus zur Verwendung beispielsweise im Bereich der Medizin, insbesondere in der Pränatal-Diagnose.
Das erfindungsgemäße Diagnose-Kit enthält mindestens ein Paar Oligonukleotide (Reverseprimer, Forwardprimer), wobei die beiden Oligonukleotide des Paares als Primer zur Amplifikation mittels Polymerasekettenreaktion jeweils eines der beiden komplementären Stränge eines DNS-Abschnittes des menschlichen RhD-Gens geeignet sind.

DE 100 49 363 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren, ein Diagnose-Kit, ein Mikroarray (z. B. DNS-Chip) sowie deren Verwendung zur Bestimmung des Rhesus-Faktors eines Menschen, insbesondere eines menschlichen Fötus. Derartige Verfahren und Diagnose-Kits werden im Bereich der Medizin, insbesondere in der Pränatal-Diagnose, verwendet.

[0002] Ziel derartiger Pränatal-Diagnosen ist es, den Rhesus-Faktor eines Menschen, insbesondere eines Fötus, zuverlässig zu erfassen.

[0003] Der Rhesus-Faktor besitzt große klinische Bedeutung, insbesondere für hämolytische Krankheiten von Neugeborenen, Unverträglichkeitsreaktionen bei Transfusionen und bestimmten hämolytischen Autoimmunkrankheiten. Die Antigene des Rhesusfaktorsystems werden auf Polypeptiden exprimiert, die durch zwei stark homologe Gene RhD und RhCE exprimiert werden. Das RhD-Antigen legt fest, ob ein Mensch Rhesus-positiv oder Rhesus-negativ ist. Verschiedene RhD-Varianten entstehen aufgrund von Genkonversion zwischen RhD- und RhCE oder durch Mutationen in dem RhD-Gen, die einen Aminosäureaustausch bewirken.

[0004] Nach dem Stand der Technik stehen für die Bestimmung des Rhesus-Faktors serologische Verfahren zur Verfügung.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Diagnose-Kit, ein Mikroarray, ein Verfahren sowie Verwendungen hierfür anzugeben, mit dem eine sichere und zuverlässige Bestimmung des Rhesus-Faktors eines Menschen möglich ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch das Diagnose-Kit nach Anspruch 1, den Mikroarray nach Anspruch 21, das Verfahren nach Anspruch 24 sowie die Verwendung nach Anspruch 42 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Diagnose-Kits, des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Verwendung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen gegeben.

[0007] Das erfindungsgemäße Diagnose-Kit enthält mindestens ein Paar Oligonukleotide, die als Reversprimer und Forwardprimer bei der Amplifikation mittels Polymerase-Kettenreaktion erforderlich sind. Derartige Oligonukleotid-Paare werden auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt. Die Oligonukleotide dieses Paares sind dabei so ausgesucht, daß bei Einsatz dieser Oligonukleotide in einer Polymerase-Kettenreaktion ein DNS-Abschnitt einer menschlichen DNS amplifiziert wird, der Teil der DNS des menschlichen RhD-Genes ist. Erfolgt eine Amplifikation eines DNS-Abschnittes bei einer derart durchgeführten Polymerase-Kettenreaktion, so kann einfach festgestellt werden, ob ein RhD-Gen in der untersuchten DNS-Substanz vorliegt oder nicht. Folglich läßt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit feststellen, ob der Mensch Rhesus-positiv oder Rhesus-negativ ist.

[0008] Vorteilhaft ist es, wenn zur Amplifikation sechs Oligonukleotid-Paare eingesetzt werden bzw. in dem Kit enthalten sind, durch die bei Rhesus-positiven Individuen sechs Amplifikate gebildet werden, während in Rhesus-negativen Individuen keines der Fragmente erzeugt wird. Das erfindungsgemäße Kit und Verfahren erlaubt bei geeigneter Auswahl der Oligonukleotid-Paare weiterhin die Erfassung von Rhesus-Subtypen, die durch den Verlust eines oder mehrerer RhD-Exons zustande kommt (RhD/RhCE-Genkonversion dieser Bereiche) und sich serologisch durch eine schwächere Immunogenität auszeichnen.

[0009] Vorteilhafterweise werden bei den Verfahren eingesetzt bzw. enthält der Kit also mehrere Paare Oligonukleotide, die beispielsweise jeweils einen Abschnitt aus verschiedenen Exons (Kodiereilbereiche) des RhD-Genes amplifizieren. So lassen sich auch verschiedene Untergruppen des Rhesusfaktors erfassen, indem mittels einer Multiplex-Polymerase-Kettenreaktion nicht nur das Vorhandensein des RhD-Genes generell festgestellt wird, sondern auch mögliche Änderungen in einzelnen Exons dieses RhD-Genes. Vorteilhafterweise weisen die Oligonukleotide eines Paares jeweils eine der folgenden Sequenzpaare auf:

TCGGTGC¹TGATCTCAGTGGA und ACTGATGACCATCCTCATGT

bzw.

CACATGAACATGATGCACA und CAAACTGGGTATCGTTGCTG

bzw.

GTGGATGTTCTGGCCAAGTT und CACCTTGCTGATCTTACC

bzw.

GTGGCTGGGCTGATCTACG und TGTCTAGTTTCTTACCGCAAGT

bzw.

AGCTCCATCATGGGCTACAA und ATTGCCGGCTCCGACGGTATC

bzw.

AACAGGTTTGCTCTAAATATT

und

AAACTTGGTCATCAAAATATTTAACCT

[0010] Diese Oligonukleotidpaare führen im Falle des Vorhandenseins der entsprechenden Exons des RhD-Genes zur Amplifikation der Exons 3, 4, 5, 6, 7 bzw. des Exons 9 des RhD-Genes. Zur leichteren Unterscheidung der einzelnen Amplifikationsprodukte kann jeweils ein Oligonukleotid eines Primerpaares mittels eines Fluorophors markiert sein, so daß eine Auswertung beispielsweise mittels ABI Genetic AnalyzerTM der Firma PE BiosystemsTM möglich ist.

[0011] Vorteilhafterweise enthält das Diagnose-Kit weiterhin die zur Durchführung einer Polymerase-Kettenreaktion erforderlichen Substanzen, wie sie bereits von verschiedenen Herstellern angeboten werden.

[0012] Die Bestimmung des Vorhandenseins bzw. der allelischen Variabilität des RhD-Genes kann mittels eines Mikroarrays, z. B. DNA-Chips, erfolgen, wobei die einzelnen Zellen des Chips Oligonukleotide aufweisen, die spezifisch mit bestimmten Abschnitten des RhD-Genes, beispielsweise der Exons 3 bis 7 und/oder 9 hybridisieren. Zum Aufbau und der Funktion eines Oligonukleotid-Mikroarrays wird beispielhaft allgemein auf die EP 0 373 203 verwiesen. Die Bestimmung kann dabei mit oder ohne Amplifikation des gesuchten DNS-Abschnitts und ohne oder nach einem geeigneten Restriktionsverdau des gesuchten DNS-Abschnitts erfolgen.

- [0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren, der erfindungsgemäße Nukleinsäure-Chip und insbesondere das erfindungsgemäße Diagnose-Kit besitzt den großen Vorteil, daß jeder Laborarzt und jedes medizinische Labor sowie jedes wissenschaftliche Labor, das derartige Untersuchungen durchführen möchte, die wesentlichen bzw. sämtliche aufeinander abgestimmte Substanzen gegebenenfalls in einem einzigen Diagnose-Kit zur Verfügung erhält, so daß die aufwendigen bzw. jegliche Vorbereitungsarbeiten für die Labore entfallen und auf einfache Weise der Rhesus-Faktor eines Menschen, insbesondere eines Fötus, bestimmt werden kann. Insbesondere sind die Primer-Oligonukleotide entwickelt und bereits ausgetestet, so daß die Hauptarbeit bei der Entwicklung entsprechender Amplifikationsprozeduren entfällt. Denn die Auswahl geeigneter Oligonukleotide, die dann in der Praxis auch tatsächlich zu dem gewünschten, sicheren Resultat führen, ist keineswegs trivial und für ein medizinisches oder wissenschaftliches Labor nicht ohne weiteres durchzuführen. 5
- [0014]** Mit dem vorgestellten Verfahren, dem Mikroarray und Diagnose-Kit ist es insbesondere erstmals möglich, die Bestimmung des Rhesus-Faktors eines Fötus aus dem Blut der Mutter nichtinvasiv in großem Maßstab und am jeweiligen Ort auf einfache und kostengünstige Weise durchzuführen. Denn hierzu benötigt der einzelne Laborarzt bzw. das einzelne medizinische Labor lediglich noch eine Tischzentrifuge, einen herkömmlichen Thermocycler (PCR-Gerät) sowie gegebenenfalls ein Gerät zur Auftrennung der einzelnen DNS-Fragmente. Derartige Geräte sind jedoch in vielen medizinischen Labors bereits vorhanden. Dies kann beispielsweise eine Gelelektrophoreseeinheit oder ein Kapillarelektrophoresegerät sein. 10
- [0015]** Ein derartiges herkömmliches Kapillarelektrophoresegerät wird beispielsweise von PE BiosystemsTM unter dem Namen PE ABI Genetic Analyzer 310TM vertrieben. Entsprechende Thermocycler für die Amplifikation der DNS werden beispielsweise von der Firma PE BiosystemsTM unter dem Namen Gene Amp 2400TM bzw. auch Gene Amp 9700TM vertrieben. 15
- [0016]** Erfindungsgemäß kann das Diagnose-Kit auch dahingehend weitergebildet werden, daß dem Diagnose-Kit nicht nur Oligonukleotide für die Bestimmung des Rhesus-Faktors des Fötus, wie oben beschrieben, sondern auch weitere Oligonukleotidpaare für weitere Bestimmungen beigegeben werden. Entsprechend können in weiteren Zellen des Chips entsprechende Oligonukleotide angeordnet sein, die mit DNS-Abschnitten weiterer, zu erfassender Gene hybridisieren. 20
- [0017]** In diesem Falle ist es dem Anwender möglich, auf einfache Art und Weise nicht nur eine Bestimmung des Rhesusfaktors des Fötus, sondern zugleich auch weitere molekularbiologische Tests durchzuführen.
- [0018]** Erfindungsgemäß wird das Verfahren, der Mikroarray und das Diagnose-Kit zur Bestimmung des fötalen Rhesus-Faktors verwendet, indem zuerst eine maternale Blutprobe genommen wird. Diese maternale Blutprobe kann nun auf verschiedene Weise weiterverarbeitet werden. 25
- [0019]** Zum einen werden die DNS-haltigen Bestandteile der maternalen Blutprobe anschließend aufkonzentriert. Dies erfolgt beispielsweise durch Blutsatz, gegebenenfalls unterstützt durch Anzentrifugation zur Beschleunigung der Sedimentation der zellulären Bestandteile. Durch diesen Schritt konzentriert sich die Zellfraktion in einem Blutsatz, der sich für die nachfolgende DNS-Isolierung eignet.
- [0020]** Der Blutsatz wird aufgenommen und eine Lyse der mütterlichen Erythrozyten sowie der nukleierten fötalen Erythrozyten durchgeführt, wodurch die DNS aus den fötalen Erythrozyten freigesetzt wird. 30
- [0021]** Anschließend erfolgt eine hochtourige Zentrifugation, beispielsweise bei 50.000 g für 30 Minuten, die zu einer Pelletierung von Zellen der Mutter und des Fötus (z. B. Lymphozyten), der aus den fötalen Erythrozyten freigesetzten DNS des Fötus sowie zellfreier DNS vom Fötus mit Herkunft aus diversen Zelltypen, führt.
- [0022]** Daraufhin wird das Pellet aufgenommen und es erfolgt eine Lyse der Lymphozyten sowohl mütterlicher als auch fötaler Herkunft. Nach Proteinfällung werden die Proteine abzentrifugiert. Im Überstand befindet sich dann freie DNS der Mutter und des Fötus. Diese wird mit Isopropanol gefällt und anschließend abzentrifugiert. Das Pellet enthält dann die DNS von Mutter und Fötus und wird anschließend rehydriert. 35
- [0023]** Zum anderen kann für die Gewinnung der nachzuweisenden DNS auch das Plasma/Serum der maternalen Blutprobe verwendet werden. Hierfür wird gegebenenfalls zuerst mittels Blutsatz die Zellfraktion der Mutter und des Fötus in der Blutprobe absinken lassen oder durch anzentrifugieren abgetrennt. Der Überstand enthält dann zellfreie DNS, insbesondere zellfreie fötale DNS. Diese zellfreie DNS aus dem Plasma/Serum kann nun direkt abgetrennt werden. Bei diesem Verfahren wird der Anreicherungs-schritt für die Zellen aus der ersten Variante vermieden. Denn eine Anreicherung oder Trennung der im Plasma/Serum enthaltenen DNS von Mutter und Fötus ist nicht erforderlich, da in dem Plasma/Serum etwa 800 mal mehr fötale DNS vorhanden ist als fötale DNS aus fötalen Zellen, die im mütterlichen Blut zirkulieren. 40
- Der Anteil der fötalen DNS an der gesamten im Plasma enthaltenen DNS liegt zwischen ca. 3% und 7%. Insgesamt nimmt dabei die zellfreie fötale DNS im Laufe der Schwangerschaft stetig zu, im letzten Trimester der Schwangerschaft sogar sehr stark.
- [0024]** In einem weiteren Schritt kann dann diese zellfreie fötale DNS aus dem Plasma/Serum in herkömmlicher Weise, beispielsweise mit kommerziell erhältlichem Kit, isoliert werden und ist damit für die weitere Untersuchung, z. B. durch Auftrag auf den erfindungsgemäßen Mikroarray, zugänglich. 45
- [0025]** Sowohl die DNS, die aus den fötalen nukleierten Zellen aus der maternalen Blutprobe als auch die DNS, die aus dem Serum/Plasma der maternalen Blutprobe gewonnen wurde, wird gegebenenfalls anschließend weiterverarbeitet, indem eine spezifische Amplifikation der nachzuweisenden DNS-Abschnitte in der in dem Pellet enthaltenen DNS mittels Polymerasekettenreaktion (PCR) bzw. Multiplex-PCR durchgeführt wird. Hierzu werden nun das erfindungsgemäße Diagnose-Kit bzw. die darin enthaltenen Primer-Paare verwendet. 50
- [0026]** Anschließend wird die amplifizierte DNS nachgewiesen.
- [0027]** Dies kann einerseits mittels des erfindungsgemäßen Mikroarrays oder durch Auftrennen über Gelelektrophorese erfolgen. Sofern eines der Oligonukleotide aus einem Primer-Paar mit einem Fluorophor markiert ist, kann der Nachweis über die Detektion der entsprechenden Fluoreszenz, beispielsweise in der entsprechenden Zelle des Chips, erfolgen. Dies kann beispielsweise jedoch auch mittels einer Genetic Analyzers 310TM der Firma PE BiosystemsTM erfolgen. Beide Verfahren weisen eine sehr hohe Sensitivität und Zuverlässigkeit auf. 55
- [0028]** Die erhaltenen Fluoreszenzdaten werden ausgewertet und als Nachweis für den Rhesus-Faktor des Fötus einge-

setzt.

[0029] Bei dem vorliegenden Verfahren ist dabei zu beachten, daß keine Trennung der Bestandteile der maternalen Blutprobe beispielsweise in eine zelluläre oder nichtzelluläre Fraktion oder beispielsweise in eine Fraktion mit ausschließlich maternalen bzw. ausschließlich fötalen Bestandteilen durchgeführt wird. Das Verfahren ist daher sehr einfach durchzuführen.

[0030] Der Fall, bei dem sowohl die Mutter als auch der Fötus Rhesus-positiv oder die Mutter als auch der Fötus Rhesus-negativ sind, weist medizinisch keinerlei Komplikationen auf. Dasselbe gilt für den Fall, daß die Mutter Rhesus-positiv ist und der Fötus Rhesusnegativ. Auch in diesem Falle treten keinerlei medizinische Komplikationen auf.

[0031] Kritisch ist lediglich der Fall, wenn die Mutter Rhesus-negativ und der Fötus Rhesus-positiv sind. In diesem Falle ist die Gefahr gegeben, daß die Mutter gegen den Rhesus-Faktor des Fötus Antikörper bildet und beispielsweise bei nachfolgenden Schwangerschaften und in sehr seltenen Fällen bereits in der laufenden Schwangerschaft Immunreaktionen auftreten. Genau dieser Fall kann jedoch durch das vorliegende Verfahren einfach erfaßt werden, da ein Rhesuspositiver Befund der wie oben aufgearbeiteten Blutprobe im Falle einer Rhesus-negativen Mutter, deren Rhesusfaktor in herkömmlicher Weise, spätestens zu Beginn der Schwangerschaft, serologisch bestimmt wurde, eindeutig auf einen Rhesus-positiven Fötus schließen läßt. Wird in diesem Falle beispielsweise eine Fluoreszenz erfaßt, die von einem Oligonukleotid herrührt, das zu einem Primerpaar gehört, das zur Amplifikation eines DNS-Abschnittes aus einem RhD-Gen geeignet ist, so liegt zwangsläufig bei dem Fötus ein Rhesuspositiver Befund vor, da gemäß der Annahme die mütterlichen Bestandteile selbst kein RhD-Gen aufweisen. In diesem Falle kann die herkömmliche Prophylaxe erfolgen. Im Falle einer Rhesus-negativen Mutter erfolgt bisher immer eine Prophylaxe, obwohl sie nur bei einem Rhesus-positiven Fötus erforderlich ist. Wird also mit dem erfindungsgemäßen Kit ein Rhesusnegativer Fötus festgestellt, so kann nunmehr die bisher übliche Prophylaxe bei der Mutter unterbleiben.

[0032] Das erfindungsgemäße Verfahren, das erfindungsgemäße Diagnose-Kit und seine Verwendung sind also dafür geeignet, den einzig medizinisch relevanten Fall gesichert und auf einfache Weise nachzuweisen.

[0033] Weiterhin ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und Kit möglich, Rhesus-Subtypen, die durch den Verlust eines oder mehrerer RhD-Exons zustande kommen (RhD/RhCE-Gen-Konversion dieser Bereiche) und sich serologisch durch eine schwächere Immunogenität auszeichnen, nachzuweisen.

[0034] Im folgenden sollen einige Beispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Verwendung erfindungsgemäßer Kits beschrieben werden.

[0035] Fig. 1 zeigt die Meßergebnisse einer Rhesuspositiven Kontrollprobe;

[0036] Fig. 2 die Ergebnisse einer Rhesus-negativen Kontrollprobe und

[0037] Fig. 3 die Ergebnisse einer Multiplex-PCR.

[0038] Als Beispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens wurde einer Schwangeren eine frische Blutprobe entnommen und in EDTA-Puffer, beispielsweise in standardisiert, kommerziell verfügbaren EDTA-Röhrchen aufgenommen. Anschließend wurden 5 bis 10 ml des mütterlichen Blutes für 20 Minuten bei 3000 g zentrifugiert. Das Plasma wird vorsichtig von den pelletierten Blutbestandteilen getrennt und erneut für 20 Minuten bei 3000 g zentrifugiert. Der Überstand wird anschließend in ein neues Gefäß überführt. Die kernfreie fötale DNS verbleibt bei dieser Prozedur im Plasma. Die DNS wird dann durch die Standardprozeduren des QIAamp Blood KitsTM (Firma Qiagen, Hilden) isoliert und kann für die Bestimmung des Rhesus-Faktors mit einem Primerpaar (Single PCR) oder mit mehreren Primerpaaren gleichzeitig (Rhesus-Faktor-Multiplex-PCR) im folgenden eingesetzt werden.

[0039] Die Anreicherung kann in einem weiteren Beispiel auch durch eine Percoll-Dichtegradienten-Zentrifugation erfolgen.

[0040] Dieses Verfahren nutzt die Tatsache, daß bei einer konstanten Zentrifugalkraft und Mediumviskosität die Sedimentationsrate von Partikeln proportional zur Größe der Partikel ist. In dem vorliegenden Beispiel wurde PercollTM als Zentrifugationsmedium verwendet. Es handelt sich dabei um ein Silika-Derivat, das standardmäßig zur Anreicherung bzw. Trennung von subzellulären Partikeln verwendet wird.

[0041] Zunächst wird ein kontinuierlicher Percoll-Gradient erzeugt, der einen Dichtebereich von 1,02–1,113 g/ml abdeckt. Hierzu wurden 14 ml einer Percoll-NaCl-Lösung mit einer Dichte von 1,07 g/ml bei 30 Minuten und 20.000 g zentrifugiert. Anschließend wird dieser kontinuierliche Gradient mit 10 ml mütterlichem Blut überschichtet und für 5 Minuten bei 1000 g zentrifugiert.

[0042] Nach diesem Zentrifugationsschritt finden sich die mütterlichen Thrombozyten in der Serumschicht oberhalb des Gradienten und werden mit einer Pasteurpipette entfernt und verworfen. In einem weiteren Zentrifugationsschritt bei 1000 g über 5 Minuten werden die verbliebenen, unterschiedlichen Blutzellentypen entsprechend ihrer jeweiligen Dichten aufgetrennt. Die Sedimentationsschicht mit den fötalen mononuklearen Erythrozyten findet sich als Bande bei einer Dichte von 1,09–1,10 g/ml und kann mit einer Pasteurpipette entnommen werden. Sie wird daraufhin dreimal mit Phosphat-Puffer-Saline (PBS, pH = 7,4) gewaschen und in 1 ml PBS resuspendiert. Die DNS der mononuklearen Blutzellen wird dann durch die Standardprozeduren des QIAamp Blood KitsTM (Firma Qiagen, Hilden) isoliert und anschließend für die nachfolgende Single-PCR oder Rhesus-Faktor-Multiplex-PCR eingesetzt.

[0043] Als ein weiteres Beispiel für eine Probenaufbereitung wird eine Blutprobe einer Schwangeren entnommen und in EDTA-Puffer, wie vorstehend ausgeführt, aufgenommen. Anschließend wird über Nacht ein Blutsatz durchgeführt. Alternativ kann die Probe auch bei geringen g-Werten anzentrifugiert werden. Von diesem Blutsatz werden 500 µl in 900 µl Erythrozyten-Lysis-Puffer des WizzardTM-Kits der Firma PromegaTM aufgenommen. Daraufhin wurde in einer SorvallTM-Zentrifuge (Rotor SM 24) für 30 Minuten bei 50.000 g zentrifugiert. Hierdurch werden die vorwiegend maternalen Lymphozyten sowie die nach der Lysis der kindlichen Erythrozyten zellfrei vorliegende DNS pelletiert. Aus dem Pellet wird nun mittels eines herkömmlichen kommerziellen DNS-Isolierungs-Kit (z. B. Wizzard-Kit der Firma PromegaTM) die DNS isoliert. Die gewonnene DNS wird in 20 µl der Dehydrierungslösung gemäß den jeweiligen DNS-Isolierungs-Kit aufgenommen.

[0044] Die Isolierung fötaler kernhaltiger Erythrozyten ist weiterhin mittels FACS-Durchflußcytometrie möglich. Hierzu erfolgt zunächst eine Anreicherung aller mononuklearen Blutzellen mittels Percoll-Dichtegradienten-Zentrifuga-

tion (siehe oben). Die Sedimentationsschicht mit mononuklearen Blutzellen wird dabei mit einer Pasteurpipette entnommen, dreimal mit Phosphat-Puffer-Saline (PBS, pH = 7,4) gewaschen und schließlich in 1 ml PBS resuspendiert.

[0045] Im Anschluß an die Dichtegradienten-Zentrifugation werden 800 µl der erhaltenen Blutzellsuspension für 60 min bei 4°C mit einem Phycoerythrin-konjugierten monoklonalen Antikörper gegen das GlycophorinA-Oberflächenprotein (BD-PharMingen) und einem Fluorescein-Isothiocyanat (T9-FITC)-konjugierten monoklonalen Antikörper gegen den Transferrin-Rezeptor (CD36) (BD-PharMingen) inkubiert bzw. markiert. Ein dritter Fluoreszenz Kanal wird benutzt für die negative Diskriminierung von T, B und NK Zellen. Die Endkonzentration beider Antikörper beträgt jeweils 0,2 µg pro 10⁷ Zellen. Die markierten Zellen werden zweimal PBS gewaschen und im Anschluß werden 10⁷ Zellen in 1 ml PBS resuspendiert.

[0046] Für die Isolierung kernhaltiger Erythrozyten wird ein FACS Vantage SE-Durchflußzytometer (Becton-Dickinson) verwendet. Das System ist mit einem wassergekühlten dual Wellenlänge Argon-Laser (Emissionswellenlänge 488 nm und 365 nm-UV) und ein luftgekühlter Helium-Neon(HeNe) Laser konfiguriert und mit fluoreszierenden Beads (Becton Dickinson) kalibriert. Das Cell-Quest Programm wird verwendet für die Datenaufnahme, Instrumentkontrolle sowie die statistische Auswertung. Die Sortierung der Blutzellen erfolgt mit Zellraten von 20.000–25.000 Zellen pro Sekunde, wobei die Zellgröße ("forward scatter"), und die Granularität, sowie die Oberflächenstruktur ("side scatter"), die Emission der grünen Fluoreszenz (Transferrin-Rezeptor, T9-FITC), die Emission der orangen Fluoreszenz (GlycophorinA, KC16-Rd) sowie die Emission der roten Fluoreszenz für die übrigen Parameter, wie CD45, CD3, CD19 und CD16/56 (APC oder Cy5 markiert), als Selektionskriterien verwendet werden. Um eine zusätzliche Diskriminierung von kernhaltigen Zellen zu gewährleisten wird der Kernfarbstoff Hoechst 33342 verwendet. Die Anregung erfolgt gleichzeitig mit der UV-Linie des Enterprise Lasers. Die sortierten Zellen werden direkt in 1,5 ml Reaktionsgefäß, das mit 1 ml PBS gefüllt ist, überführt und können bei -20°C gelagert werden.

[0047] Zwar wird bei dem vorgeschlagenen Verfahren die fötale DNS nicht vollständig von der mütterlichen DNS getrennt. Sofern jedoch die Mutter Rhesus-negativ ist, weist ein positiver RhD-Nachweis jedoch immer auf einen Rhesus-positiven Fötus hin. Im Anschluß an die Isolierung der DNS wird eine Multiplex-PCR durchgeführt.

[0048] Hierzu wurden die folgenden Primer verwendet, wobei jeweils ein Primer aus einem Primerpaar mit einem Fluoreszenzfarbstoff markiert ist. Die entsprechenden Primer werden in der folgenden Tabelle gegeben.

Tabelle 1

Primername	Sequenz	Markierung	Größe
PRHE31F (Exon3)	5'-TCGGTGCTGATCTCAGTGA-3'	5'-NED	108 bp
PRHE31R (Exon3)	5'-ACTGATGACCATCCTCATGT-3'	-	
PRHE41F (Exon4)	5'-CACATGAACATGATGCACA-3'	5'-HEX	120 bp
PRHE41R (Exon4)	5'-CAAAC TGGGTATCGTTGCTG-3'	-	
PRHE51F (Exon5)	5'-GTGGATGTTCTGGCCAAGTT-3'	5'-6-FAM	153 bp
PRHE51R (Exon5)	5'-CACCTTGCTGATCTTACC-3'	-	
PRHE61F (Exon6)	5'-GTGGCTGGGCTGATCTACG-3'	5'-NED	52 bp
PRHE61R (Exon6)	5'-TGTCTAGTTTCTTACCGGCAAGT-3'	-	
PRHE71F (Exon7)	5'-AGCTCCATCATGGGCTACAA-3'	5'-6-FAM	91 bp
PRHE71R (Exon7)	5'-ATTGCCGGCTCCGACGGTATC-3'	-	
PRHE91F (Exon9)	5'-AACAGGTTTGCTCCTAAATATT-3'	5'-HEX	72 bp
PRHE91R (Exon9)	5'-AAACTTGGTCATCAAAATATTTAACCT-3'	-	

[0049] In der ersten Spalte der Tabelle ist dabei der Name des Primers angegeben. Weiterhin ist dort die Lokalisierung des zu amplifizierenden DNS-Abschnittes angegeben (Exon 3 bis 7, 9). In der zweiten Spalte der Tabelle ist die entsprechende Primersequenz angegeben, in der dritten Spalte der Fluoreszenzfarbstoff, mit dem der jeweilige Primer markiert ist. Dabei steht die Bezeichnung 5'-NED für das Fluorophor NEDTM der Firma PE Biosystems, die Bezeichnung 5'-HEX für den Farbstoff 4,7,2',4',5',7'-Hexachloro-6-Carboxyfluorescein und die Bezeichnung 5'-6-FAM für den Farbstoff Carboxyfluorescein.

[0050] In der letzten Spalte ist die Größe des Amplifikationsproduktes angegeben, das bei einer PCR mit dem jeweiligen Primerpaar entsteht. Wie zu erkennen ist, ergeben sich zwei verschiedene Gruppen von Amplifikationsprodukten mit Längen zwischen 52 und 91 Basenpaaren bzw. Längen zwischen 108 und 153 Basenpaaren. Da diese ausreichend weit voneinander entfernt liegen, kann in jeder der Gruppe einer der Farbstoffe wiederverwendet werden und dennoch eine zuverlässige Unterscheidung der einzelnen Amplifikationsprodukte erzielt werden.

[0051] Die PCR-Reaktionen wurden im vorliegenden Beispiel mit einem PCR-Blockcycler PE 9700 der Firma Applied Biosystems durchgeführt.

[0052] Als Reaktionsansatz wurde dabei die folgende Mischung verwendet, wobei als Reaktionsvolumen jeweils

100 µl eingesetzt wurden:

	Volumen	Endkonz.
gDNS-Template	10 µl	100 ng
Taq-Puffer	10 µl	1x
MgCl ₂	6 µl	1,5 mM
Nukleotide	2 µl	200 µM
Primer a	1 µl	0,12 µM
Primer b	1 µl	0,12 µM
H ₂ O	69,5 µl	
Taq-Polymerase	0,5 µl	2 U

[0053] Die PCR wurde dabei mit dem folgenden Thermozyklus durchgeführt:

94 °C	5 min
94 °C	1 min
55 °C	1 min (35 Zyklen)
72 °C	45 sec
72 °C	5 min

[0054] Zur Auswertung der PCR-Ergebnisse mittels ABI-Fragmentanalyse wurden die einzelnen PCR-Ansätze zunächst unverdünnt eingesetzt, wobei für die einzelne Analyse jeweils 1 µl verwendet wurde.

[0055] Die jeweiligen Ergebnisse sind in den Fig. 1 und 2 dargestellt. Fig. 1 zeigt die Ergebnisse der PCR an einer serologisch für Rhesus-positiv bestimmten Blutprobe mit jeweils verschiedenen Primerpaaren gemäß Tabelle 1. Es ist zu erkennen, daß in den Fig. 1A bis 1F jeweils eine starke Fluoreszenz von Amplifikationsprodukten mit 108 Basenpaaren, 120 Basenpaaren, 153 Basenpaaren, 52 Basenpaaren, 91 Basenpaaren bzw. 72 Basenpaaren Länge beobachtet wurden.

[0056] Die Signale im Bereich unterhalb von 40 Basenpaaren (s. insbesondere Fig. 1C) stammen vermutlich von unspezifischen Amplifikaten und beeinträchtigen das erfindungsgemäße Verfahren nicht.

[0057] Fig. 2 zeigt die Ergebnisse einer PCR mit einer serologisch als Rhesus-negativ bestimmten Blutprobe mit jeweils verschiedenen Primerpaaren gemäß Tabelle 1.

[0058] Es ist unmittelbar aus den Fig. 1A bis 1F zu erkennen, daß in dieser Blutprobe keine nennenswerten Mengen von Amplifikationsprodukten mit den zu erwartenden Längen erfaßt werden konnten. Der serologische Befund wird folglich durch das erfindungsgemäße Verfahren vollständig bestätigt.

[0059] Fig. 3 zeigt die Ergebnisse einer Multiplex-PCR, bei der sämtliche Primerpaare gemäß Tabelle 1 gleichzeitig eingesetzt wurden. Sämtliche PCR-Reaktionen wurden auf einem PCR-Blockcycler PE 9700 der Firma Applied Biosystems durchgeführt.

[0060] Für die PCR wurde folgender Reaktionsansatz bei einem Reaktionsvolumen von 50 µl verwendet:

	Volumen	Endkonz.
gDNS-Template	2 µl	100 ng
Taq-Puffer	5 µl	1x
MgCl ₂	3 µl	1,5 mM
Nukleotide	1 µl	200 µM
Primer 31F	0,25 µl	0,05 µM
Primer 31R	0,25 µl	0,05 µM
Primer 41F	0,5 µl	0,1 µM
Primer 41R	0,5 µl	0,1 µM

Primer 51F	1,5 µl	0,3 µM
Primer 51R	1,5 µl	0,3 µM
Primer 61F	0,25 µl	0,05 µM
Primer 61R	0,25 µl	0,05 µM
Primer 71F	0,5 µl	0,1 µM
Primer 71R	0,5 µl	0,1 µM
Primer 91F	1,5 µl	0,3 µM
Primer 91R	1,5 µl	0,3 µM
H ₂ O	38,5 µl	
Taq-Polymerase	0,5 µl	2,5 U

[0061] Die PCR-Zyklen wurden mit folgenden Parametern durchgeführt:

95 °C	15 min
94 °C	1 min
55 °C	1 min (35 Zyklen)
72 °C	45 sec
72 °C	10 min

[0062] Die einzelnen PCR-Ansätze wurden zunächst unverdünnt eingesetzt, wobei für die Fragment-Analyse jeweils 1 µl verwendet wurde.

[0063] Fig. 3 zeigt die Ergebnisse zweier Messungen, wobei in Fig. 3A als PCR-Template zunächst Rhesus-positives Kontrollblut, wie es durch serologische Standardverfahren typisiert wurde, eingesetzt wurde. In Fig. 3B sind die Ergebnisse einer PCR mit einem PCR-Template aus Rhesus-negativem Kontrollblut zu sehen. Abweichend von den vorigen Messungen wurde in beiden Fällen das Albumin-Gen als Standard hinzugefügt sowie die folgenden Primer:

Albumin fw: GCC CTC TGC TAA CAA GTC CTA C

sowie

Albumin rv: GCC CTA AIAA AGA AAA TCG CCA ATC

[0064] Der Vorwärtsprimer ("Albumin fw") ist dabei mit dem Fluoreszenzfarbstoff 5'-NedTM markiert.

[0065] Hierdurch ergab sich eine Bande bei 350 Basenpaaren für die Amplifikationsprodukte des Albumin-Gens.

[0066] In Fig. 3A sind weiterhin die jeweiligen Signale für die Amplifikationsprodukte sämtlicher 6 Primerpaare aus Tabelle 1 zu erkennen. Offensichtlich handelte es sich also um ein Rhesus-positives Blut, das hier untersucht wurde.

[0067] In Fig. 3B ist zu erkennen, daß in einer entsprechenden Rhesus-negativen Kontrollprobe keinerlei Fluoreszenzbanden mit Ausnahme der Albuminbande bei 350 Basenpaaren beobachtet wurde. Das erfindungsgemäße Kit, der erfindungsgemäße Mikroarray und das erfindungsgemäße Verfahren eignen sich also auch mit Multiplex-PCR zur Unterscheidung zwischen Rhesus-negativem und Rhesus-positivem Blut sowie zur Bestimmung einzelner Subtypen.

DE 100 49 363 A 1

SEQUENZPROTOKOLL

<110> Adnagen GmbH

5 <120> Verfahren, Diagnose-Kit und Mikroarray zur Bestimmung
des Rhesusfaktors

10 <130> DE 10049363.7-41

<140> DE 10049363.7-41

<141> 2000-10-05

15

<150> DE 10019553.9-41

<151> 2000-04-20

20

<160> 14

<170> PatentIn Ver. 2.1

25

<210> 1

<211> 20

<212> DNA

30

<213> Künstliche Sequenz

<220>

35 <223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer

<400> 1

tcggtgctga tctcagtgga

20

40

<210> 2

<211> 20

45

<212> DNA

<213> Künstliche Sequenz

50

<220>

<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer

<400> 2

55

actgatgacc atcctcatgt

20

60

<210> 3

<211> 19

<212> DNA

<213> Künstliche Sequenz

65

DE 100 49 363 A 1

<220>		
<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer		
<400> 3		5
cacatgaaca tgatgcaca	19	
<210> 4		10
<211> 20		
<212> DNA		
<213> Künstliche Sequenz		15
<220>		
<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer		20
<400> 4		
caaactgggt atcgttgctg	20	25
<210> 5		
<211> 20		
<212> DNA		30
<213> Künstliche Sequenz		
<220>		35
<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer		
<400> 5		
gtggatgttc tggccaagtt	20	40
<210> 6		45
<211> 18		
<212> DNA		
<213> Künstliche Sequenz		50
<220>		
<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer		
<400> 6		55
caccttgctg atcttacc	18	
<210> 7		60
<211> 19		
<212> DNA		
<213> Künstliche Sequenz		65

DE 100 49 363 A 1

<220>

<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer

5

<400> 7

gtggctgggc tgatctacg

19

10

<210> 8

<211> 23

<212> DNA

15

<213> Künstliche Sequenz

<220>

20

<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer

<400> 8

tgtctagttt cttaccggca agt

23

25

<210> 9

<211> 20

30

<212> DNA

<213> Künstliche Sequenz

35

<220>

<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer

<400> 9

40

agctccatca tgggctacaa

20

45

<210> 10

<211> 21

<212> DNA

<213> Künstliche Sequenz

50

<220>

<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer

55

<400> 10

attgccggct ccgacggat c

21

60

<210> 11

<211> 22

<212> DNA

65

<213> Künstliche Sequenz

DE 100 49 363 A 1

<220>		
<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer		
<400> 11		5
aacaggtttg ctcctaaata tt	22	
<210> 12		10
<211> 27		
<212> DNA		
<213> Künstliche Sequenz		15
<220>		
<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer		20
<400> 12		
aaacttggtc atcaaaatat ttaacct	27	25
<210> 13		
<211> 22		
<212> DNA		30
<213> Künstliche Sequenz		
<220>		35
<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer		
<400> 13		
gccctctgct aacaagtcct ac	22	40
<210> 14		45
<211> 24		
<212> DNA		
<213> Künstliche Sequenz		50
<220>		
<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz:PCR-Primer		
<400> 14		55
gccctaaaaa gaaaatcgcc aatc	24	

Patentansprüche 60

1. Diagnose-Kit für die Bestimmung des Rhesus-Faktors mit mindestens einem Paar Oligonukleotide (Reverseprimer, Forwardprimer), wobei die beiden Oligonukleotide des Paares als Primer zur Amplifikation mittels Polymerasekettenreaktion jeweils eines der beiden komplementären Stränge eines gesuchten DNS-Abschnittes geeignet sind, und wobei der gesuchte DNS-Abschnitt Teil der DNS des menschlichen RhD-Gens ist. 65
2. Diagnose-Kit nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß es sechs Paare Oligonukleotide (Reverseprimer, Forwardprimer) enthält,

wobei die beiden Oligonukleotide der jeweiligen Paare als Primer zur Amplifikation mittels Polymerasekettenreaktion jeweils eines der beiden komplementären Stränge verschiedener gesuchter DNS-Abschnitte geeignet sind, und wobei die gesuchten DNS-Abschnitt Teil der DNS des menschlichen RhD-Gens sind.

3. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die gesuchten DNS-Abschnitte Teil von Kodierteilbereichen des RhD-Gens sind.

4. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß je einer der gesuchten DNS-Abschnitte Teil der Kodierteilbereiche 3, 4, 5, 6, 7 oder 9 sind.

5. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es die zur Durchführung einer Polymerasekettenreaktion erforderlichen Substanzen enthält.

6. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es als zur Durchführung einer Polymerasekettenreaktion erforderliche Substanzen eine Pufferlösung, Magnesiumchlorid, Desoxynukleotid-Triphosphate, sowie eine hitzestabile Polymerase enthält.

7. Diagnose-Kit nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß es als hitzestabile Polymerase eine Polymerase aus *Thermus aquaticus* (Taq-Polymerase) enthält.

8. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es als Positivkontrolle eine DNS-Probe mit dem jeweils gesuchten DNS-Abschnitt enthält.

9. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin für eine Kontrollbestimmung einen Abschnitt einer für ein Albumin kodierenden DNS sowie zwei Oligonukleotide, die jeweils als Primer zur Amplifikation zumindest eines Abschnitts jeweils eines der beiden komplementären Stränge der für das Albumin kodierenden DNS geeignet sind, enthält.

10. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest jeweils eines der beiden Oligonukleotide eines Paares von Oligonukleotiden mit Fluorophoren markiert ist.

11. Diagnose-Kit nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Oligonukleotide verschiedener Paare mit verschiedenen Fluorophoren markiert sind.

12. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Oligonukleotide eines Paares paarweise die folgenden Sequenzen aufweisen:

TCGGTGCTGATCTCAGTGGA und ACTGATGACCATCCTCATGT

bzw.

CACATGAACATGATGCACA und CAAACTGGGTATCGTTGCTG

bzw.

GTGGATGTTCTGGCCAAGTT und CACCTTGCTGATCTTACC

bzw.

GTGGCTGGGCTGATCTACG und TGTCTAGTTTCTTACCGGCAAGT

bzw.

AGCTCCATCATGGGCTACAA und ATTGCCGGCTCCGACGGTATC

bzw.

AACAGGTTTGCTCCTAAATATT und AAACTTGGTCAATCAAAATATTAACTT

13. Diagnose-Kit nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Oligonukleotide mit folgender Sequenz

GTGGATGTTCTGGCCAAGTT bzw. AGCTCCATCATGGGCTACAA

mit dem Fluorophor Carboxyfluorescein markiert sind.

14. Diagnose-Kit nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Oligonukleotide mit der Sequenz

CACATGAACATGATGCACA bzw. AACAGGTTTGCTCCTAAATATT

mit dem Fluorophor 4,7,2',4',5',7'-Hexachloro-6-Carboxyfluorescein markiert sind.

15. Diagnose-Kit nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Oligonukleotide mit der Sequenz

TCGGTGCTGATCTCAGTGGA bzw. GTGGCTGGGCTGATCTACG

mit dem Fluorophor NEDTM der Fa. PE Biosystems markiert sind.

16. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Anleitung zur Durchführung der Polymerasekettenreaktion und/oder eine Anleitung zur Durchführung einer Fragmentanalyse enthält.

17. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Schema zur Auswertung der erhaltenen Meßergebnisse enthält.

18. Diagnose-Kit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Mikroarray (DNS-Chip) enthält, wobei der Array eine Anzahl voneinander getrennter Zellen (Felder) aufweist und in mindestens einer Zelle des Mikroarrays ein Oligonukleotid angeordnet ist, das mit dem gesuchten DNS-Abschnitt hybridisiert.

19. Diagnose-Kit nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einer weiteren Zelle des Mikroarrays ein weiteres Oligonukleotid angeordnet ist und die Sequenz des Oligonukleotids, das in der mindestens einen Zelle angeordnet ist, sich von der Sequenz des weiteren Oligonukleotids unterscheidet.

20. Diagnose-Kit nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens zwei Zellen jeweils ein Oligonukleotid angeordnet ist, wobei die in verschiedenen Zellen angeordneten Oligonukleotide jeweils mit verschiedenen gesuchten DNS-Abschnitten hybridisieren.

21. Mikroarray, beispielsweise DNS-Chip, mit einer Anordnung von mehreren, voneinander getrennten Zellen (Feldern), dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einer Zelle des Mikroarrays ein Oligonukleotid angeordnet ist, das mit einem DNS-Abschnitt hybridisiert, der Teil des menschlichen RhD-Gens ist.

22. Mikroarray nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens sechs Zellen jeweils verschiedene

- Oligonukleotide angeordnet sind, die mit jeweils sechs verschiedenen DNS-Abschnitten des menschlichen RhD-Gens hybridisieren.
23. Mikroarray nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß die DNS-Abschnitte Abschnitte der Ko-
dierteilbereiche (Exons) 3, 4, 5, 6, 7 und/oder 9 sind.
24. Verfahren zur Bestimmung des Rhesusfaktors eines Menschen, dadurch gekennzeichnet, daß die allelische Vari-
abilität und/oder das Vorhandensein des RhD-Gen in einer Blutprobe erfaßt und daraus der Rhesus-Typ und/oder
der Rhesus-Subtyp des Menschen bestimmt wird. 5
25. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Vorhandensein eines oder
mehrerer der Exons 4 bis 7 und/oder 9 des RhD-Gens erfaßt wird.
26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung der allelischen Variabilität
und/oder des Vorhandenseins des RhD-Gens mittels eines Mikroarrays nach einem der Ansprüche 18 bis 23 erfolgt. 10
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung an einer Blut-
probe der Person selbst erfolgt.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Rhesusfaktor eines Fötus
bestimmt wird, indem eine maternale Blutprobe untersucht wird. 15
29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß aus der maternalen Blutprobe eine Fraktion abge-
trennt wird, die im wesentlichen fötale, kernhaltige Erythrozyten enthält und der Rhesus-Faktor an dieser Fraktion
bestimmt wird.
30. Verfahren nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß die DNS-haltigen Bestandteile der mater-
nalen Blutprobe zuerst aufkonzentriert werden und anschließend diese Fraktion untersucht wird. 20
31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß zur Aufkonzentration der DNS-haltigen Bestand-
teile ein Blutsatz durchgeführt wird.
32. Verfahren nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß zur Aufkonzentration der DNS-haltigen Be-
standteile eine Lyse darin enthaltener nukleierter fötaler Erythrozyten durchgeführt und anschließend die zellfrei
vorliegende DNS abzentrifugiert und für die weitere Diagnose gewonnen wird. 25
33. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Rhesus-Faktors des Fötus die
zellfreie fötale DNS im Blutplasma der maternalen Blutprobe untersucht wird.
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Blutprobe oder der Frak-
tion die DNS isoliert und zumindest teilweise vervielfältigt wird und anschließend die allelische Variabilität bzw.
das Vorhandensein oder Fehlens des RhD-Gens bestimmt wird. 30
35. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die DNS durch Polymerase-Ket-
tenreaktion (PCR) vervielfältigt wird.
36. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die vervielfältigte
DNS durch geeignete Restriktionsenzyme verdaut und anhand der erzeugten DNS-Bruchstücke die allelische Vari-
abilität bzw. das Vorhandensein und/oder Fehlen des RhD-Gens bestimmt wird. 35
37. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß zur Vervielfältigung der DNS ei-
nes oder mehrere Oligonukleotid-Paare verwendet werden, die die folgenden Sequenzen aufweisen:
TCGGTGCTGATCTCAGTGGA und ACTGATGACCATCCTCATGT
bzw.
CACATGAACATGATGCACA und CAAACTGGGTATCGTTGCTG
bzw.
GTGGATGTTCTGGCCAAGTT und CACCTTGCTGATCTTACC
bzw.
GTGGCTGGGCTGATCTACG und TGTCTAGTTTCTTACCGGCAAGT
bzw.
AGCTCCATCATGGGCTACAA und ATTGCCGGCTCCGACGGTATC
bzw.
AACAGGTTTGCTCCTAAATATT und AAAGTTGGTTCATCAAAATATTAAACCT 40
38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Oligonukleotide mit der Sequenz
GTGGATGTTCTGGCCAAGTT bzw. AGCTCCATCATGGGCTACAA
mit dem Fluorophor Carboxyfluorescein markiert sind. 50
39. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Oligonukleotide mit der Sequenz
CACATGAACATGATGCACA bzw. AACAGGTTTGCTCCTAAATATT
mit dem Fluorophor 4,7,2',4',5'-Hexachloro-6-Carboxyfluorescein markiert sind.
40. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Oligonukleotide mit der Sequenz
TCGGTGCTGATCTCAGTGGA bzw. GTGGCTGGGCTGATCTACG
mit dem Fluorophor NEDTM der Fa. PE Biosystems markiert sind. 55
41. Verfahren nach einem der Ansprüche 38 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß zum Nachweis der amplifizierten
DNS die von der amplifizierten DNS abgegebenen Fluoreszenzstrahlung erfaßt wird.
42. Verwendung eines Verfahrens und/oder eines Diagnose-Kits nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur
pränatalen Bestimmung des Rhesus-Faktors eines menschlichen Fötuses. 60

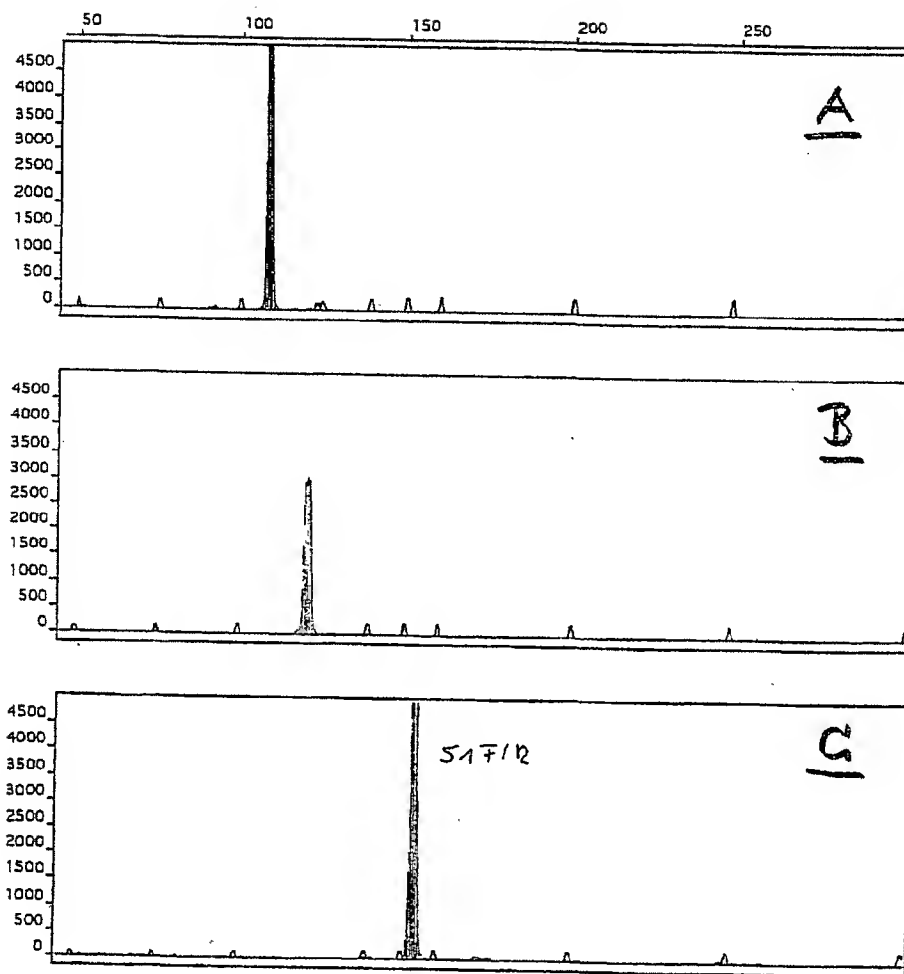


Fig. 1

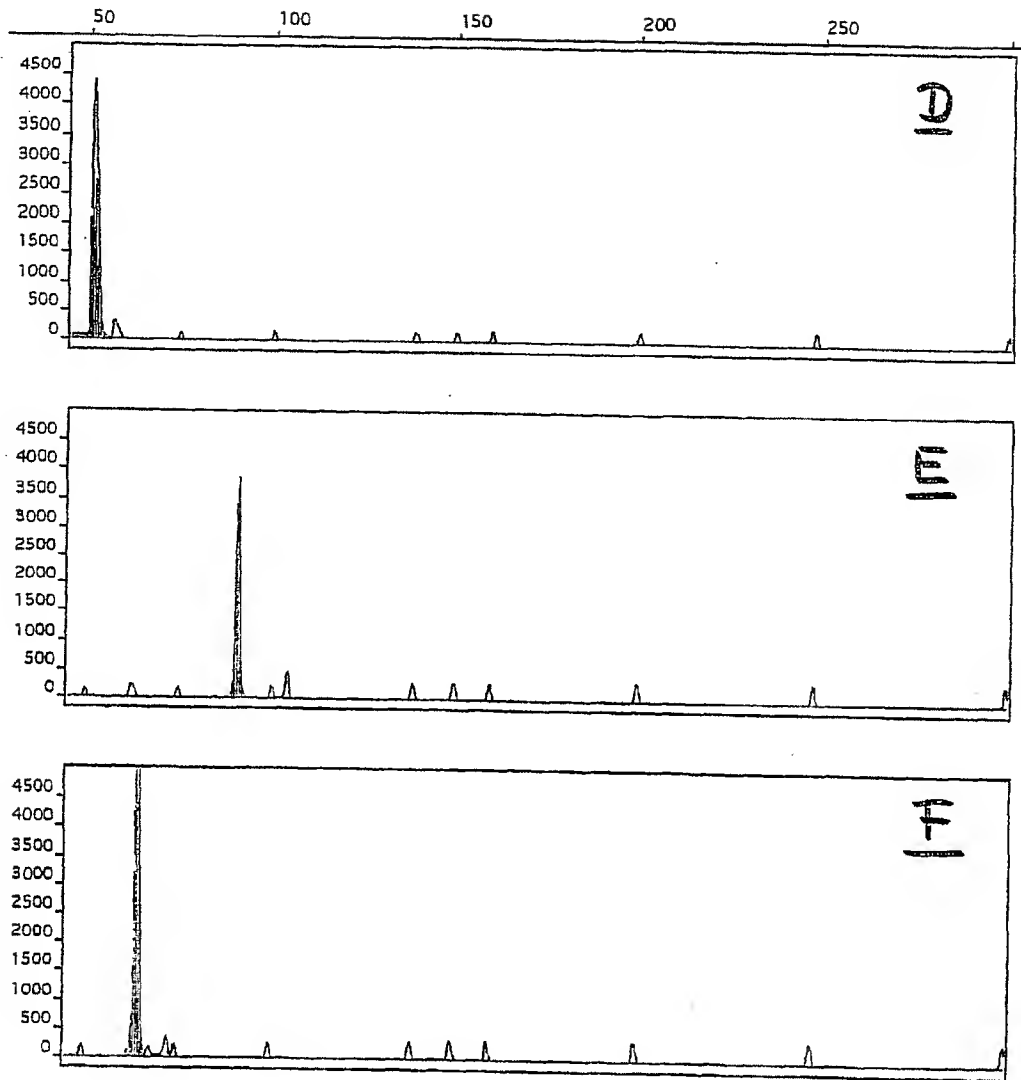


Fig. 1

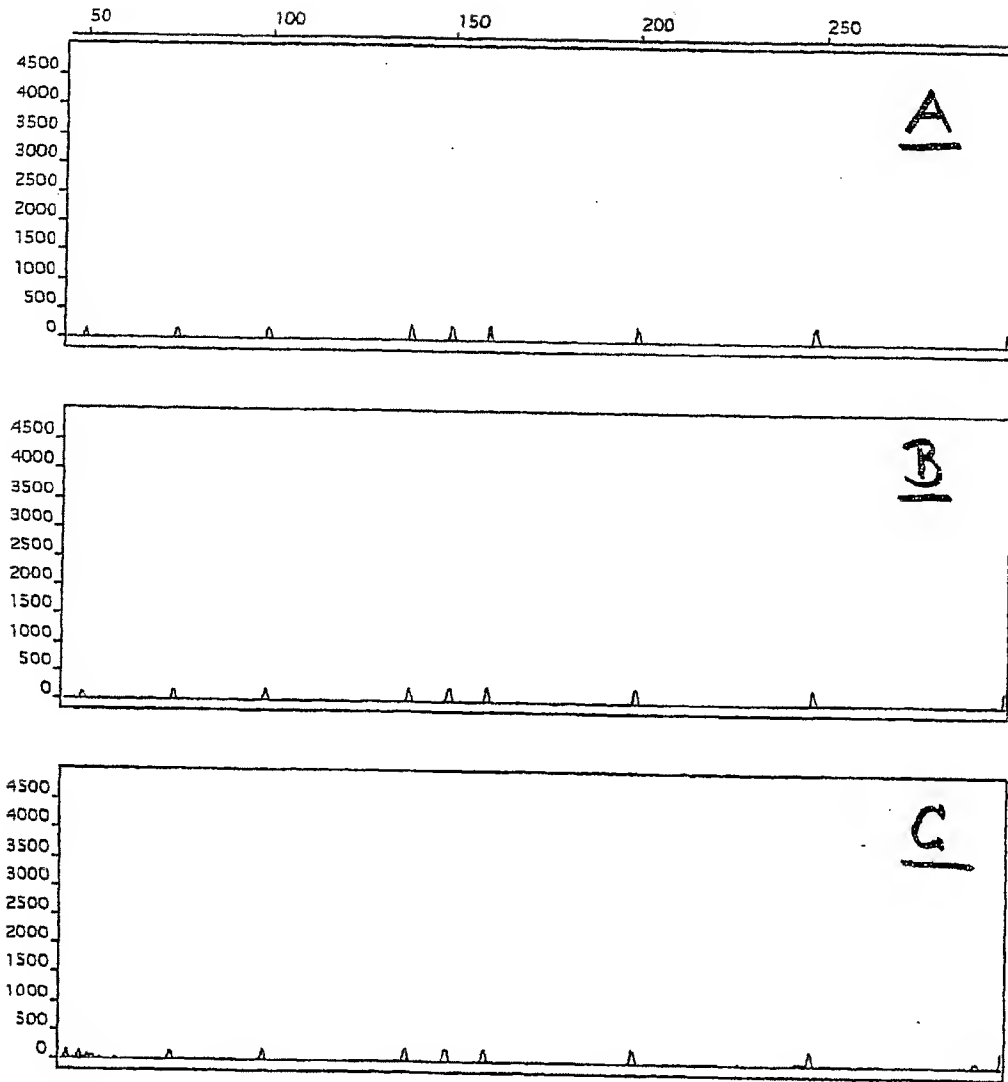


Fig. 2

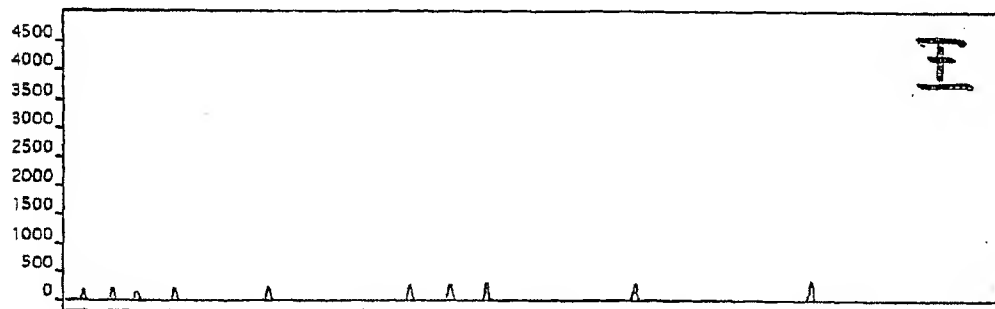
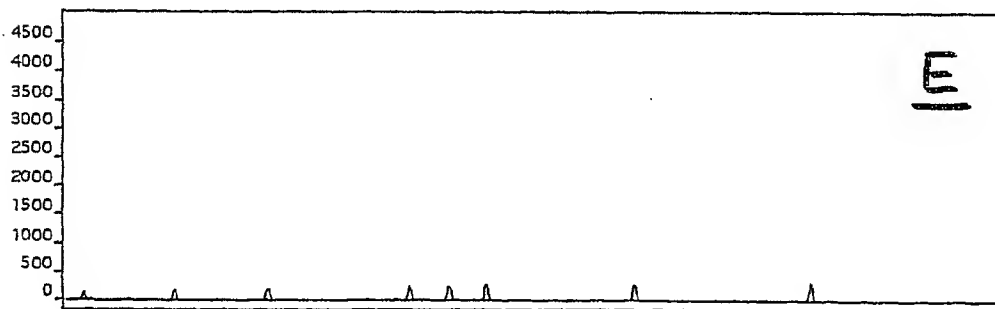
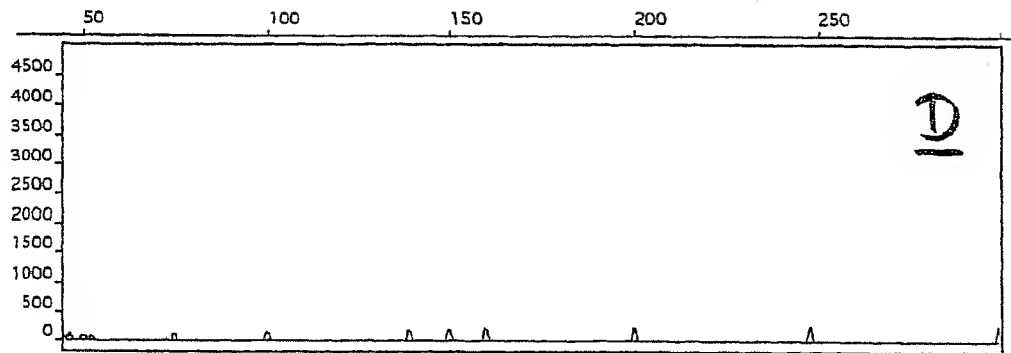


Fig. 2

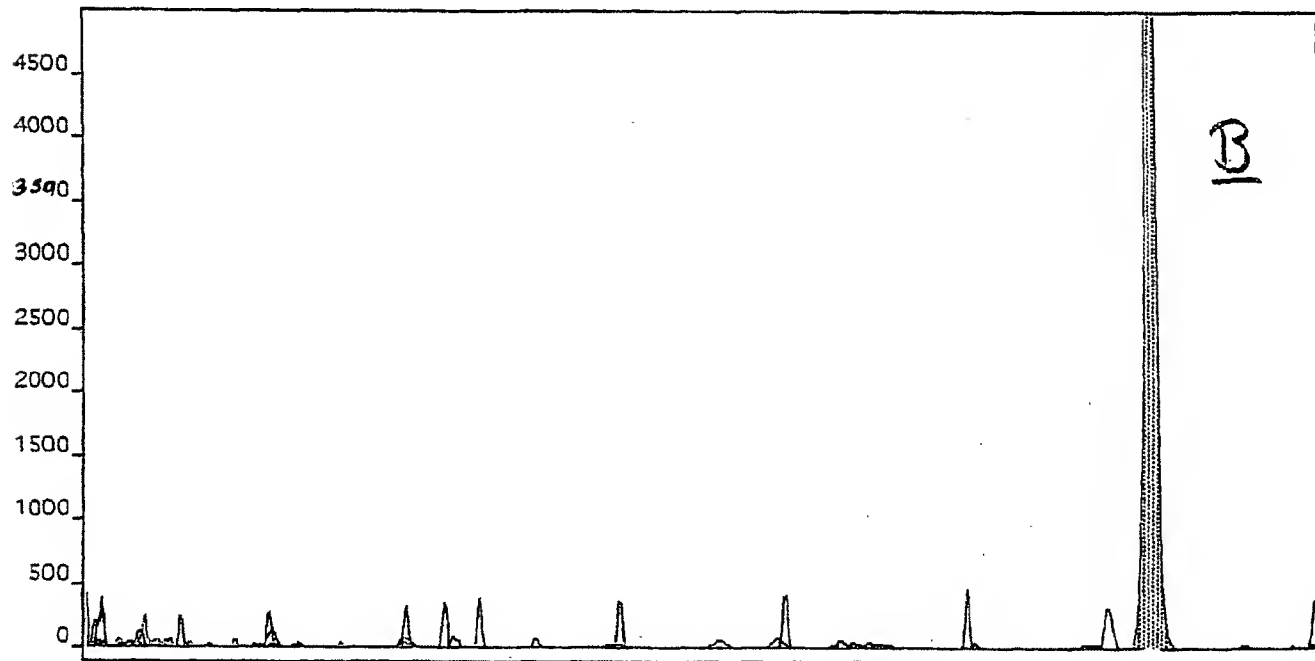
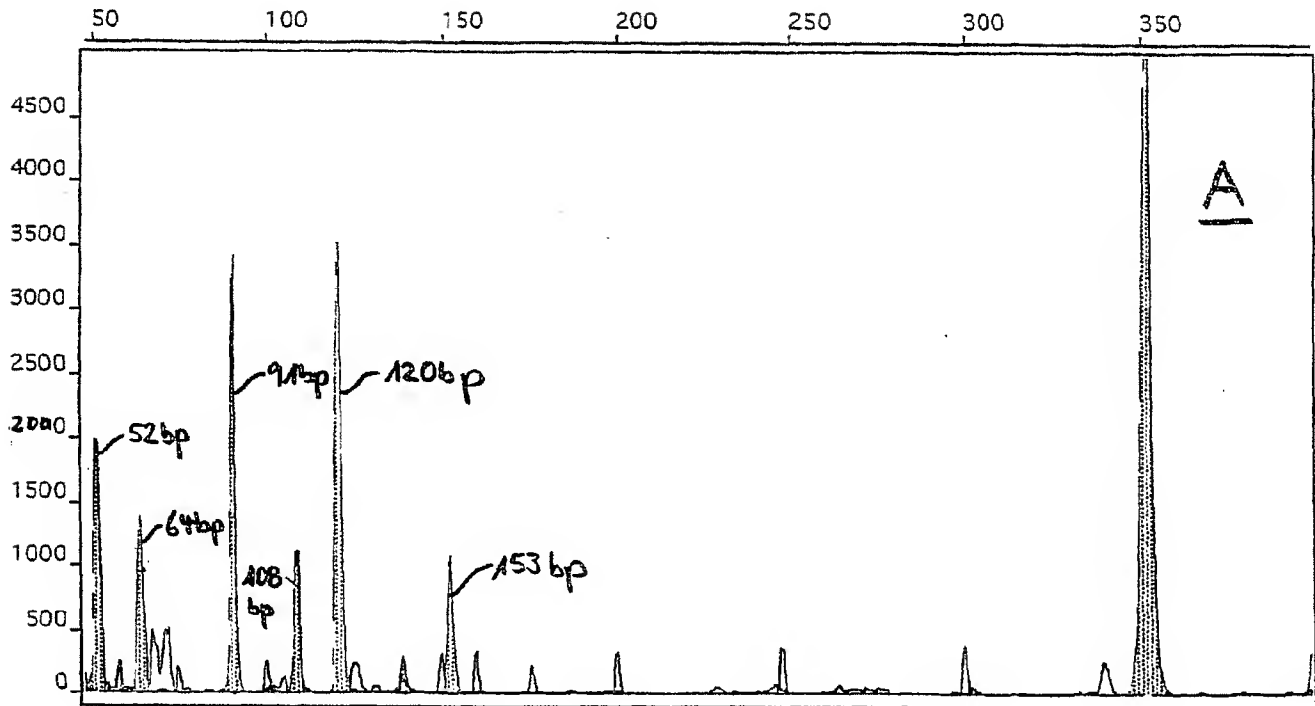


Fig. 3